

速度検出にFV変換を用いた場合のサーバ性能の評価

著者	横谷 恭輔, 神谷 好承, 関 啓明, 疋津 正利
著者別表示	Yokotani Kyosuke, Kamiya Yoshitsugu, Seki Hiroaki, Hikizu Masatoshi
雑誌名	精密工学会学術講演会講演論文集
巻	2013 Spring
号	G37
ページ	473-474
発行年	2013
URL	http://doi.org/10.24517/00050017

doi: 10.11522/pscjspe.2013S.0.473.0

速度検出に FV 変換を用いた場合のサーボ性能の評価

金沢大学 ○横谷 恭輔

神谷 好承, 関 啓明, 足津 正利

Evaluation of the servo performance when using FV conversion for the speed detection.

Kanazawa University Kyosuke Yokotani, Yoshitsugu Kamiya, Hiroaki Seki, Masatoshi Hikizu

When we assume a guide the condition that is non-contact with static pressure and perform highly precise positioning such as the resolving power of the position detector, FV converter is often used for the speed detection. However, we cannot obtain correct speed information under the situation that is low speed such as the resolving power neighborhood of the position detector. Therefore accurate positioning becomes difficult. So, I discuss a design method of the servo control by the FV converter with simulation.

1. 緒論

静圧などを用いガイドを非接触な状態とし、位置検出器の分解能までのような高精度な位置決めを行う場合、その速度検出には FV 変換器が用いられることが多い。しかし、位置検出器の分解能付近のような非常に低速な状況下では正確な速度情報を得ることはできない。そのため、サーボが振動的となり、正確な位置決めも困難となる。そこで本研究では、シミュレーションを用い FV 変換器によるサーボ制御系の設計方法を論ずる。

2. FV 変換

FV 変換とは、パルス信号をパルスの周波数に比例した電圧信号に変換するものであり一次遅れ系で表現する。FV 変換器にパルス信号を通すことで時間的に減衰していく信号を作り、その重なりによりパルス周波数に応じた電圧信号を得ることができる。パルス信号はエンコーダからの信号であり、パルス周波数に応じた電圧信号は速度情報としての意味を持つこととなる。この電圧信号は FV 変換器のパラメータである時定数 T により大きく異なる。

まず、3000rpm で 10V が出力されるように FV 変換器のゲイン K を設定し、入力を指令速度、出力を電圧としてシミュレーションを行う。Fig.1 は指令速度 300rpm での時定数 T を変えた場合の FV 変換のシミュレーション結果である。Fig.2 は時定数に対する遅延、ノイズの変化のグラフである。また、電圧信号が安定した時の信号の全振幅と指令速度電圧の比率をノイズと呼ぶこととする。

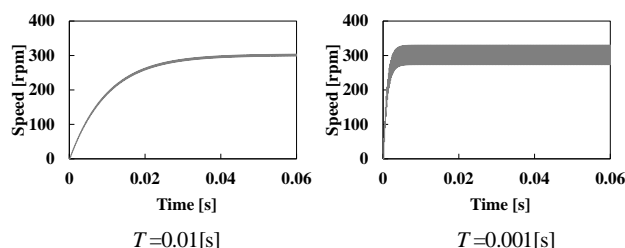


Fig.1 FV conversion

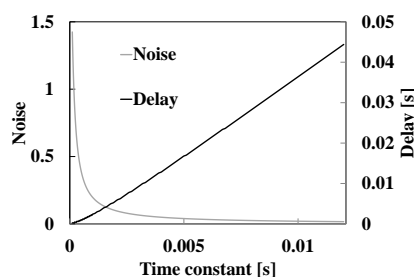


Fig.2 Delay and noise

Fig.1,2 より時定数が大きくなるにつれて遅延が大きくなり、ノイズは小さくなることが確認できる。このことから遅延とノイズは相反する関係にあることが分かる、また、この相反関係は指令速度によらず確認できた。

3. 速度制御

モデル化した FV 変換器をサーボモータの速度検出に用いて速度制御系のシミュレーションを行う。Fig.3 に速度制御系のブロック線図、Table.1 にシミュレーションに用いたパラメータを示す。入力が指令速度電圧で出力がサーボモータの回転速度である。エンコーダからのパルス信号を FV 変換器である一次遅れ系を通してフィードバックしている。

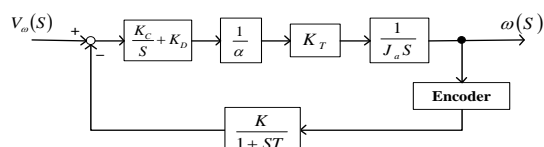


Fig.3 Speed control system

Table.1 Parameter

Parameter	Value	Unit
Moment of inertia	J_a	$1.23 \times 10^{-5} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$
Torque constant	K_T	0.355 N/A
Tachometer generator coefficient	K	0.0318 V/(rad/s)
Current feedback constant	α	2 V/A
natural frequency	ω_n	60 Hz
damping coefficient	ζ	0.707

Fig.3 より速度制御系は式(1)で表される。

$$\omega = \frac{K_T(K_C + K_D S)(1 + ST)}{\alpha J_a T} V_\omega \quad (1)$$

特性方程式より、式(2)、(3)となる。

$$2\zeta\omega_n = \frac{K_T K_D K}{\alpha J_a} \quad (2)$$

$$\omega_n^2 = \frac{K_T K_C K}{\alpha J_a} \quad (3)$$

これより、積分ゲイン $K_C=310$ 、比例ゲイン $K_D=1.16$ となる。また、Routh-Hurwitz の安定判別法を用いると、速度制御系を安定させるためには時定数 T は式(4)のような範囲となる。

$$T < \frac{K_D}{K_C} = 0.00375 \quad (4)$$

Fig.4 に速度制御系のシミュレーション結果を示す。出力速度とFV変換器を通した速度信号を比較するグラフである。Fig.5は回転速度300rpmのときの時定数に対する整定時間、ノイズの変化を示したものである。

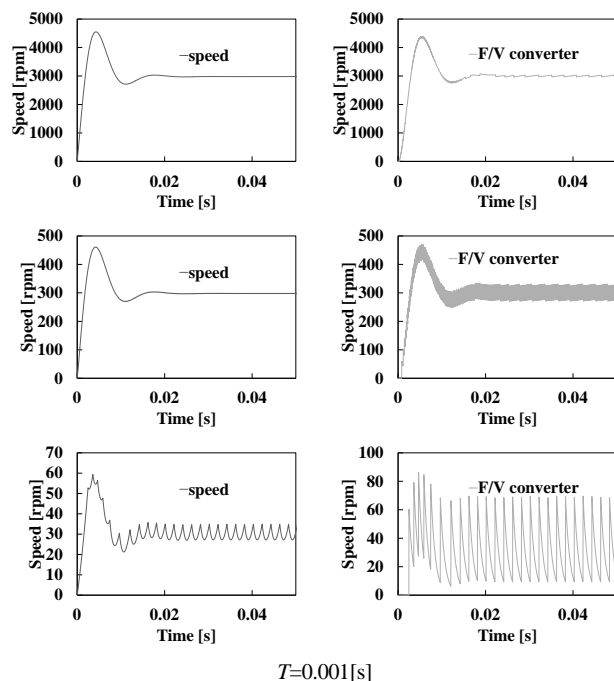


Fig.4 Speed control

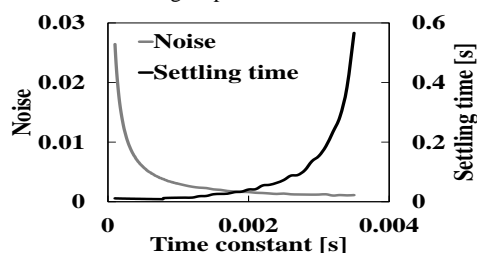


Fig.5 Settling time and noise

Fig.4,5 より時定数が大きくなるにつれて整定時間も大きくなり、ノイズは小さくなることが確認できる。これは、FV変換の時と同様の結果である。整定時間、ノイズ共に値としては小さくなるのが好ましいので、互いを許容出来る範囲で時定数 T を設定する必要がある。また、指令速度が小さい場合、FV変換器を通した速度信号が非常に大きく乱れていることがわかる。これは、回転速度がさらに非常に低速度になると満足な速度情報が得られないことを示している。

4. 位置制御

4.1 位置制御系 低速度時の速度情報が得られないFV変換器を位置制御に用いた場合のシミュレーションを行う。Fig.6に位置制御系のブロック線図、Fig.7にシミュレーション結果を示す。速度制御系の外にパルス信号をフィードバックする回路を追加した形となる。また、入力パルスで表す指令位置となる。エンコーダを1回転で1000パルス出力するように設定したため、パルス和が1000で1回転を表している。

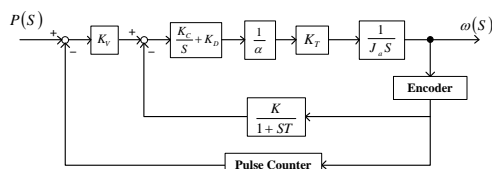


Fig.6 Position control system

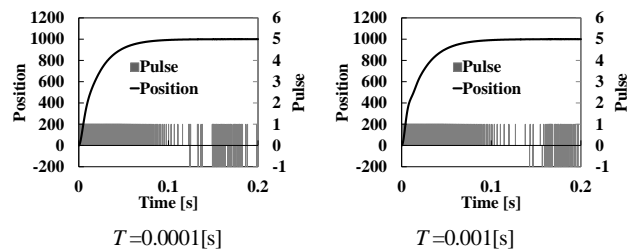


Fig.7 Position control

Fig.7 より時定数の位置制御に与える影響はこれまでの速度制御などに比べると少ないといえる。また、サーボモータが目標位置に近づいたあとも、パルスが出力され続けていることが確認できる。これは停止付近の低速度においては速度検出がうまく行えていないためであり、サーボモータが目標位置付近で微振動を繰り返していることを示している。サーボモータが完全停止できないことは位置制御において大きな問題となる。

4.2 位置制御系の改善 停止時におけるサーボモータの微振動の改善のためクーロン摩擦 $F(s)$ を追加することとする。Fig.8に位置制御系を改善したブロック線図、Fig.9にシミュレーション結果を示す。

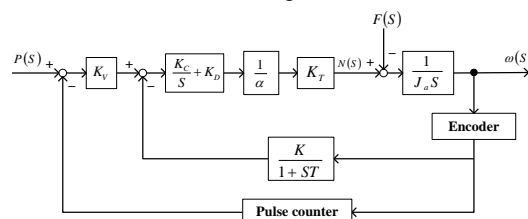


Fig.8 Improvement of position control system

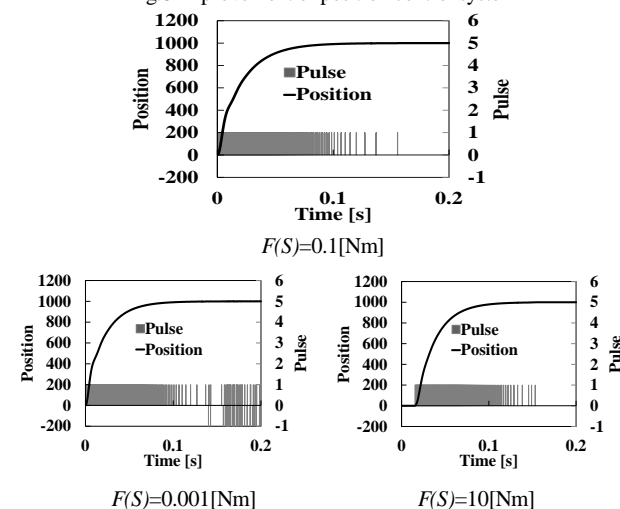
Fig.9 Improvement of position control ($T=0.001$)

Fig.9 より摩擦を入れたことにより微振動の抑制を確認できる。ただ、摩擦が大きすぎると静摩擦を克服するまでモータ起動に時間がかかっており、整定時間も伸びている。逆に小さすぎると摩擦入れていない場合とほぼ変わらず微振動を抑える事ができていない。このため、摩擦量を適切に設定する必要があるといえる。

5. 結論

速度制御系のシミュレーションより、FV変換器のパラメータである時定数 T に対して整定時間とノイズは相反する関係であることが確認できた。また、FV変換において速度情報が得られないような低速度の場合には、安定した速度制御が行えない。

位置制御系のシミュレーションより、サーボモータが停止する際に微振動が発生することが確認できた。これを改善するため、摩擦を追加しサーボモータ停止時の微振動を抑えることができ、サーボモータの制御性能を高めることができた。